

イトヨの繁殖縄張り行動の集団間変異に関する生態 遺伝学的研究

山崎, 遥

<https://hdl.handle.net/2324/7363882>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (農学), 課程博士

バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)



氏 名 : 山崎 遥

論文題名 : イトヨの繁殖縄張り行動の集団間変異に関する生態遺伝学的研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

野生動物は著しく多様な本能行動を示し、その行動多様化の究極要因に関しては行動生態学の分野で多くの研究が進められてきた。その一方で、多様性進化の包括的理解に重要な遺伝基盤に関する知見は野生動物では極めて限定的である。繁殖戦略に関連する雄の攻撃的縄張り行動は、広い動物分類群に存在し、近縁種間および種内集団間でも顕著な多様性を示す。本論文は、行動学と進化遺伝学の双方のモデル野生動物であるイトヨ *Gasterosteus aculeatus* をモデル系として、雄の繁殖縄張り攻撃性の集団間変異の実態とその背後にある内分泌遺伝基盤について究明したものである。

はじめに（第2章）、イトヨ雄の繁殖縄張り・営巣行動がアンドロゲン依存的に発現することを逆遺伝学的に検証した。雄は縄張り形成・営巣時に、魚類の主要なアンドロゲンである 11-ケトテストステロン (11KT) の血中レベルが顕著に上昇することが知られている。これらの行動発現における 11KT の影響を明らかにするため、ゲノム編集 (CRISPR-Cas9 法) によって 11KT 合成に不可欠な酵素遺伝子 *cyp11c1* のノックアウト (KO) を実施したところ、KO 個体における血中 11KT 濃度の顕著な低下とともに、縄張り・営巣行動の消失が確認された。さらに、*cyp11c1* が生合成に関与する性ステロイドの下流に存在する 11KT 前駆体を腹腔内インプラントすることで、血中 11KT レベルと行動発現が回復した。これらの結果から、イトヨの縄張り行動・営巣行動の発現は、11KT レベル依存的に生じることが判明した。また、ヘテロ接合型 KO 個体と野生型 (WT) 個体の比較から、WT 個体は縄張り・営巣行動の発現に必要なレベルを上回る 11KT を合成していることが示唆された。雄の縄張り攻撃性は高いアンドロゲンレベルによって促進されることが知られており、イトヨの雄の過剰な 11KT 合成は、単に縄張り・営巣行動の発現を支えるだけでなく、縄張り攻撃性の強化にも寄与していることが示唆された。

次に（第3章）、日本産淡水型イトヨの複数集団間で繁殖縄張り攻撃性を比較し、その変異パターンと内分泌遺伝基盤を追究した。日本産淡水型の二大遺伝的クレードの一つである「ハリヨ」クレードでは、異なる生態型集団間に縄張り攻撃性の変異が確認されている。この知見をもとに、系統的に離れた「イトヨ」クレードに対象を拡大し、野生個体および共通環境で育成した個体を用いた水槽実験を実施したところ、異なる生態型集団間で同様の縄張り攻撃性の変異が検出された。これらの結果は、淡水型集団における生息環境依存的な縄張り攻撃性の平行進化を示唆している。さらに、血中 11KT レベルの比較および脳の比較 RNA-seq 解析により、イトヨクレードの生態型集団間では脳局所的なアンドロゲン合成能の変異が縄張り攻撃性の変異に関与していることが強く示唆された。さらに、アリルト異的発現解析による *cis* 変異の網羅的探索により、この変異の原因候補遺伝子 (*HSD17b3*, *HSD17b12b*) が見出された。「ハリヨ」クレードの生態型集団間では精巣におけるアンドロゲン合成能の変異が確認されていることから、同様の行動変異の内分泌遺伝基盤がクレード間で異なることが明らかとなった。

最後に（第4章）、繁殖縄張り攻撃性の顕著な変異が存在する2集団を用いて、雄間の攻撃行動そのものを対象とした量的形質遺伝子座 (QTL) 解析を実施した。まず、共通環境実験によってこれらの集団間における縄張り攻撃性の遺伝的分化を確認した後に、作出した F₂ 交雑世代の行動表現型

計測と RAD-seq によるゲノムワイドな遺伝子型決定を行なった。QTL マッピングの結果、侵入者に対する縄張り雄の噛みつき回数に関連する有意な遺伝子座が検出され、その QTL ピークの信用区間にはセロトニン経路に関連する遺伝子 (*MAOA*, *HTR2a*) が存在した。これらの遺伝子を含むセロトニン経路は、多様な動物分類群にて攻撃行動に影響することが報告されている。したがって、これらの遺伝子は両集団の縄張り攻撃性の変異を部分的に説明する有力な原因候補遺伝子であり、縄張り攻撃性の集団間変異には複数の内分泌遺伝基盤が関与することが示された。

以上、本論文の成果は、野生動物の行動生態遺伝学に新たな知見をもたらすだけでなく、野生集団の DNA 情報を活用して水産養殖に適した攻撃性の低い養殖用系統を開発する「ゲノム育種」への応用可能性を含んだ農学的意義を有するものである。